Le suivi de la qualité

La politique qualité d'une entreprise impose que celle maîtrise sa fabrication. Pour cela, elle doit être capable d'évaluer la « qualité » de son processus de production et ceci parfois en temps réel.
Cette démarche consiste à faire un suivi de la qualité. Un des outils est le contrôle statistique.

Méthode MSP : généralités

MSP signifie : **M***aîtrise* **S***tatistique* du **P***rocédé*.

Définition

C'est un procédé de contrôle *en cours* de fabrication basé sur l'analyse *statistique* qui a pour objectif la *maîtrise* du procédé. C'est une méthode d'*auto contrôle* qui permet à un opérateur de vérifier *en continu* le niveau de qualité de son poste.
Elle doit permettre :

- D'intervenir sur le procédé *avant* de produire de la non qualité
- De mesurer *la capacité* d'un procédé à fabriquer ce qu'on lui demande
- D'agir sur *des variations* pour assurer *la stabilité* dans le temps du procédé.

Domaine d'application

Cette méthode s'applique principalement aux *moyennes* et *grandes* série (statistique oblige). Elle n'est pas réservée aux procédés de production mais également aux procédés mis en œuvre dans les différents services (facturation, transport, etc.).

Démarche de mise en oeuvre

Elle consiste à prélever un *échantillon* représentatif dans un *lot* de produits (population) et à contrôler certaines caractéristiques de tous les *individus* de l'échantillon au moyen de graphiques appelés *carte de contrôle*. Celles-ci permettent de signaler la présence de phénomènes anormaux qui compromettent la qualité du processus.

La démarche de mise en place de ces cartes est la suivante :

- Mettre le procédé sous *contrôle statistique* (ou vérifier qu'il l'est grâce aux histogrammes)
- Choisir le *domaine d'application* (machine, atelier, etc.)
- Choisir les *paramètres* à surveiller (spécifications, nombre de défauts constatés, etc.)
- Choisir le *type de carte* (en déduire ses différents paramètres) et les moyens de contrôle
- Détecter, à l'aide des cartes, *les dérives* du procédé et intervenir en conséquence

Mise en place d'une carte de contrôle

Mise sous contrôle statistique du procédé

Les cartes de contrôle utilisant des règles statistiques, il faut s'assurer que le procédé suive bien ces règles. Pour vérifier que le procédé suive bien ces règles, on utilise soit l'histogramme soit la droite de Henry (méthode non développé ici).

Vérification de la capabilité machine (utilisation de l'histogramme)

La procédure est la suivante :

Collecter les données

Exemple : Lors de la fabrication d'un axe, l'opérateur a prélevé dans la fabrication un échantillon de 100 pièces (aucun ordre et aucune intervention ni réglages pendant l'essai). La cote à respecter est $3,5^{\pm 0,2}$

3,56	3,59	3,46	3,63	3,48	3,59	3,50	3,47	3,42	3,38	3,43	3,52	3,52	3,45	3,48	3,48	3,44	3,31	3,50	3,52
3,48	3,40	3,56	3,54	3,50	3,46	3,52	3,51	3,47	3,48	3,48	3,50	3,46	3,68	3,50	3,60	3,56	3,46	3,38	3,56
3,41	3,48	3,37	3,50	3,47	3,56	3,49	3,50	3,45	3,52	3,44	3,46	3,50	3,48	3,49	3,46	3,46	3,52	3,46	3,41
3,55	3,52	3,52	3,48	3,44	3,46	3,50	3,45	3,45	3,46	3,44	3,54	3,48	3,54	3,46	3,48	3,52	3,30	3,46	3,47
3,48	3,41	3,48	3,45	3,32	3,34	3,40	3,44	3,52	3,47	3,34	3,47	3,46	3,41	3,43	3,48	3,30	3,56	3,46	3,46

Choisir le nombre de classe

La classe est une plage de données. Le nombre de classe varie en fonction de la taille de l'échantillon.

La largeur (intervalle) d'une classe doit être un multiple de l'unité de mesure et la valeur mini est prise comme valeur centrale de la 1[ère] classe

Taille échantillon	Nb de classe
≤ 49	5 à 7
50 à 99	6 à 10
100 à 259	7 à 12
≥ 250	10 à 20

Exemple :

Nombre de classe choisi : *10*

Valeur mini de l'échantillon : X_m=*3,30*

Valeur maxi de l'échantillon: X_M = *3,68*

➔ étendue W = *0,38 mm*

Intervalle théorique h_t = *0,38/10* = *0,038*mm

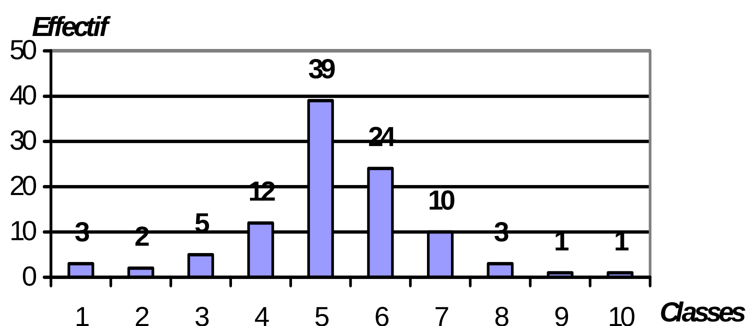
Intervalle pratique h_p =(*4* x unité) = *0,04* mm

Tableau récapitulatif

Classe n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Limite inférieure inclue	*3,28*	*3,32*	*3,36*	*3,40*	*3,44*	*3,48*	*3,52*	*3,56*	*3,60*	*3,64*
Limite supérieure exclue	*3,32*	*3,36*	*3,40*	*3,44*	*3,48*	*3,52*	*3,56*	*3,60*	*3,64*	*3,68*
Effectif de cette classe	*3*	*2*	*5*	*12*	*39*	*24*	*10*	*3*	*1*	*1*

Graphique

L'allure du graphique suit une distribution normale (loi statistique de Laplace Gauss)



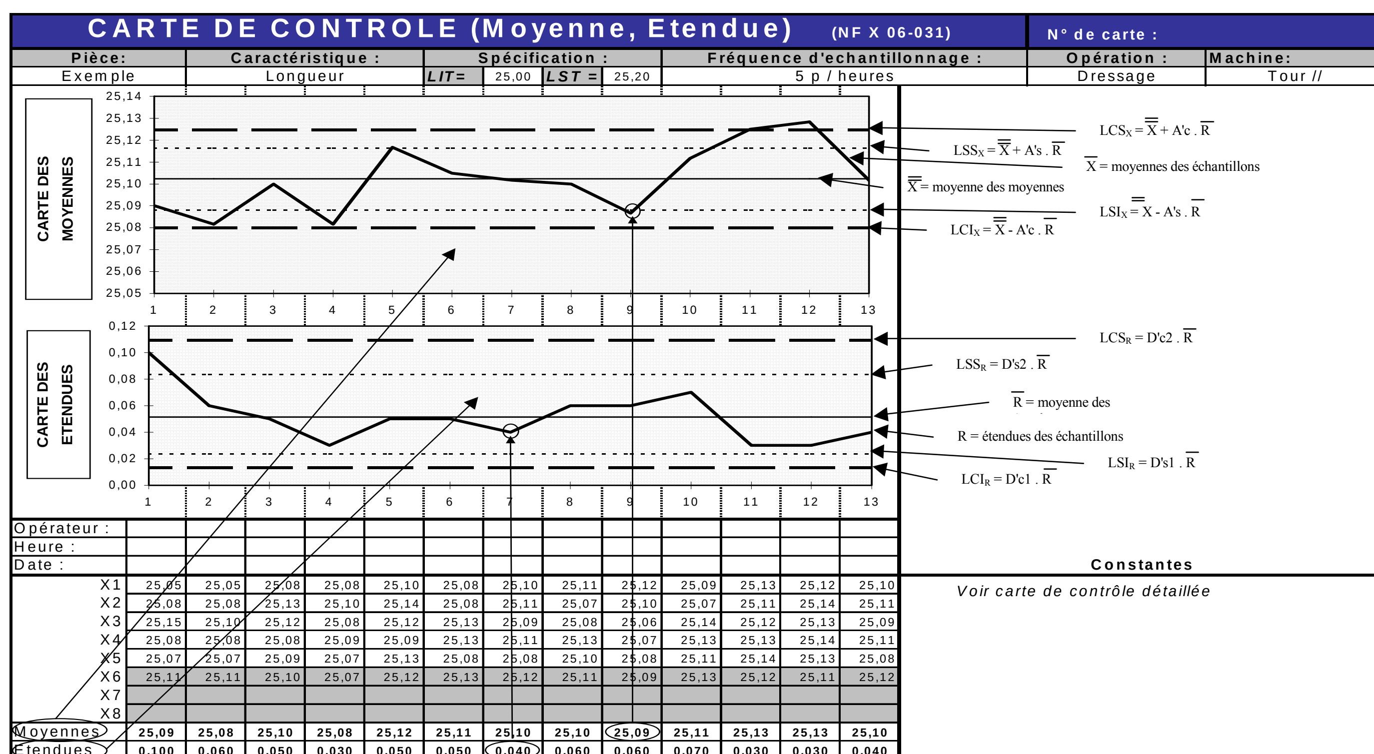
La carte de contrôle

Composition

Les démarches concernant le choix du domaine d'application, les paramètres à surveiller ainsi que le type de carte à utiliser ne seront pas développés ici.

Les cartes de contrôle permettent d'avoir une image du déroulement du processus de fabrication et d'intervenir rapidement et à bon escient.

Pour suivre l'évolution du procédé, des prélèvements d'échantillons sont effectués régulièrement (exemple : 5 pièces/heure). Sur chaque prélèvement est calculé la moyenne et l'étendue (ou d'autres paramètres). Les résultats sont reportés dans un graphique dont l'allure permet un diagnostic quant à l'évolution du processsus.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Opérateur :													
Heure :													
Date :													
X1	25,05	25,05	25,08	25,08	25,10	25,08	25,10	25,11	25,12	25,09	25,13	25,12	25,10
X2	25,08	25,08	25,13	25,10	25,14	25,08	25,11	25,07	25,10	25,07	25,11	25,14	25,11
X3	25,15	25,10	25,12	25,08	25,12	25,13	25,09	25,08	25,06	25,14	25,12	25,13	25,09
X4	25,08	25,08	25,08	25,09	25,09	25,13	25,11	25,13	25,07	25,13	25,13	25,14	25,11
X5	25,07	25,07	25,09	25,07	25,13	25,08	25,08	25,10	25,08	25,11	25,14	25,13	25,08
X6	25,11	25,11	25,10	25,07	25,12	25,13	25,12	25,11	25,09	25,13	25,12	25,11	25,12
X7													
X8													
Moyennes	25,09	25,08	25,10	25,08	25,12	25,11	25,10	25,10	25,09	25,11	25,13	25,13	25,10
Etendues	0,100	0,060	0,050	0,030	0,050	0,050	0,040	0,060	0,060	0,070	0,030	0,030	0,040

Les cartes de contrôle sont composées de différentes zones qui sont :

- L'entête : on y retrouve le nom de la pièce, le contrôle effectué, etc..
- Un graphique « moyenne » où l'on y retrouve :
  - la courbe des moyennes de chaque prélèvement
  - les droites de Limites de Surveillance. Elles indiquent, lorsqu'elles sont franchies par la courbe moyenne, une dérive du processus (il faut surveiller d'avantage et peut être effectuer des réglages)
  - les droites de Limites de Contrôle. Elles indiquent, lorsqu'elles sont franchies par la courbe moyenne, un risque potentiel d'avoir dans le lot (du prélèvement) des pièces non conformes
- Un graphique « étendue » où l'on y retrouve :
  - la courbe des étendues de chaque prélèvement
  - La (les) droites de Limites de Surveillance et de Contrôle (pour les mêmes raisons que précédemment).
  - Remarque : les limites inférieure
- Un tableau de données où l'on y retrouve les valeurs des échantillons
- Une zone de calcul où l'on y retrouve les calculs des limites et des capabilités (machine ou procédé)

Calcul des limites

Les limites des différents graphiques se calculent en fonction de la taille de l'échantillon. Il existe alors plusieurs formules que l'on peut utiliser. Elles dépendent de :

- Du type de carte de contrôle (modèle Ford, NF 06-031, etc.)
- Des paramètres statistiques connus (si l'écart type est connu ou non, etc.)

Nous étudierons ici la carte de contrôle Moyenne – Etendue (l'écart type de la fabrication non connu)

Sachant que :

$\overline{X}$: Moyenne de l'échantillon, $\overline{\overline{X}}$: moyenne des $\overline{X}$, W : étendue de l'échantillon et $\overline{W}$: moyenne des W

Limites de Décision	Notation	Valeurs (σo inconnu) *(NF 06-031)*
Limite de **C**ontrôle **S**upérieure de la moyenne	LCS_X	$\overline{\overline{X}} + A'c.\ \overline{W}$
Limite de **C**ontrôle **I**nférieure de la moyenne	LCI_X	$\overline{\overline{X}} - A'c.\ \overline{W}$
Limite de **S**urveillance **S**upérieure de la moyenne	LSS_X	$\overline{\overline{X}} + A's.\ \overline{W}$
Limite de **S**urveillance **I**nférieure de la moyenne	LSI_X	$\overline{\overline{X}} - A's.\ \overline{W}$
Limite de **C**ontrôle **S**upérieure de l'étendue	LCS_W	$D'_{c2}.\ \overline{W}$
Limite de **C**ontrôle **S**upérieure de l'étendue	LSS_W	$D'_{s2}.\ \overline{W}$

Les coefficients sont

Effectif échantillon	**A'c**	**A's**	**D'c2**	**D's2**
2	1.937	1.229	4.12	2.81
3	1.054	0.668	2.99	2.17
4	0.750	0.476	2.58	1.93
5	0.594	0.377	2.36	1.81
6	0.498	0.316	2.22	1.72
7	0.432	0.274	2.12	1.66
8	0.384	0.244	2.04	1.62
9	0.347	0.220	1.99	1.58
10	0.317	0.202	1.94	1.56

Exercice de calcul de limite

Il s'agit de contrôler un diamètre 32f8. Le tableau ci-dessous donne les écarts en micron

- Complétez le tableau de relevés ci-dessous (calculez les moyennes, étendues).

Ech n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
X 1	51	50	46	52	51	49	50	52	49	47	46	50	48
X 2	49	47	49	49	48	46	47	48	48	48	47	47	49
X 3	51	48	52	52	47	51	49	50	49	47	54	45	49
X 4	46	46	48	48	49	48	43	50	50	49	48	47	50
X 5	49	47	48	48	49	46	45	46	49	46	46	49	48
$\overline{X}$	*49.2*	*47.6*	*48.6*	*49.8*	*48.8*	*48*	*46.8*	*49.2*	*49*	*47.4*	*48.2*	*47.6*	*48.8*
W	*5*	*4*	*6*	*4*	*4*	*5*	*7*	*6*	*2*	*3*	*8*	*5*	*2*

- Calculez les limites de contrôle et de surveillance de la moyenne et de l'écart type

$\overline{\overline{X}}$ = *48,385*

$\overline{W}$ = *4,692*

LCS_X = *48,385 + 0,594.4,692 = 51,172*

LCI_X = *48,385 -0,594. 4,692= 45,598*

LSS_X = *48,385 + 0,377. 4,692= 50,154*

LSI_X = *48,385 – 0,377. 4,692= 46,616*

LCS_W = *2,36. 4,692= 11,074*

LSS_W = *1,81. 4,692= 8,493*

Compléter la carte de contrôle

CARTE DE CONTROLE (Moyenne, Etendue) (NF X 06-031) — **N° de carte :**

Pièce:	Caractéristique :	Spécification :	Fréquence d'echantillonnage :	Opération :	Machine:
Axe	Diamètre 32f8	LIT= 36,00 LST = 75,00	5 pièces par heure	alésage	Tour CN

CARTE DES MOYENNES

CARTE DES ETENDUES

Récapitulatif des résultats

Moyennes			
$\bar{\bar{X}}$ =	48,385	σ =	1,887
$\bar{W}$ =	4,692		

Indices de capapabilité	
Cp =	3,444
Cpk =	2,187

Limites de surveillance et de contrôle

Pour la carte des moyennes :			
LCI (X)	45,597	LCS (X)	51,172
LSI (X)	46,616	LSS (X)	50,154

Pour la carte des étendues :			
LCI (W)	0,751	LCS (W)	11,074
LSI (W)	1,736	LSS (W)	8,493

Observations :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Opérateur :	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI	STI
Heure :	9	10	11	12	12,5	14,5	16	17	9	9,5	10,5	11,5	12,5
Date :	10-déc	10-déc	10-déc	10-déc	10-déc	10-déc	10-déc	10-déc	11-déc	11-déc	11-déc	11-déc	11-déc
X1	51	50	46	52	51	49	50	52	49	47	46	50	48
X2	49	47	49	49	48	46	47	48	48	48	47	47	49
X3	51	48	52	52	47	51	49	50	49	47	54	45	49
X4	46	46	48	48	49	48	43	50	50	49	48	47	50
X5	49	47	48	48	49	46	45	46	49	46	46	49	48
X6													
X7													
X8													
Moyennes	**49,20**	**47,60**	**48,60**	**49,80**	**48,80**	**48,00**	**46,80**	**49,20**	**49,00**	**47,40**	**48,20**	**47,60**	**48,80**
Etendues	**5**	**4**	**6**	**4**	**4**	**5**	**7**	**6**	**2**	**3**	**8**	**5**	**2**

Constantes

n	A'c	A's	D'c1	D'c2	D's1	D's2	dn
2	1,937	1,229	0,000	4,120	0,040	2,810	1,128
3	1,054	0,668	0,040	2,990	0,180	2,170	1,693
4	0,750	0,476	0,100	2,580	0,290	1,930	2,059
5	0,594	0,377	0,160	2,360	0,370	1,810	2,326
6	0,498	0,316	0,210	2,220	0,420	1,720	2,534
7	0,432	0,274	0,260	2,120	0,460	1,660	2,704
8	0,384	0,244	0,290	2,040	0,500	1,620	2,847
9	0,347	0,220	0,320	1,990	0,520	1,580	2,970
10	0,317	0,202	0,350	1,940	0,540	1,560	3,078

La capabilité machine

La capabilité machine est l'aptitude qu'a la machine à réaliser l'opération qu'on lui demande. Elle se calcule de la façon suivante :

$$Cm = \frac{Ts - Ti}{6\sigma_0}$$

$$Cmk = \min\left(\frac{Ts - \bar{X}}{3\sigma_0} ; \frac{\bar{X} - Ti}{3\sigma_0}\right)$$

avec $Ts\text{-}Ti = IT$ *et*

σ_0 = *écart type de la population entière*

(Cmk tient compte en plus du centrage de la valeur moyenne)

Graphe de décision

